

II.1 Introduction

Il existe trois types de sables : **sables naturels, les sables silico-argileux et le sable à prise chimique.**

- Le sable naturel est directement extrait des carrières. Il est composé de silice, d'argiles et de poussière.
- Le sable silico-argileux, dit aussi synthétique par opposition aux sables naturels, est constitué d'un réfractaire (silice) aggloméré par de l'argile activée par de l'eau. Des additifs sont ajoutés à ce sable afin d'en améliorer son comportement à la coulée.
- Le sable à prise chimique est composé de silice (pour les fontes) ou de chromite (pour les aciers), de résines (environ **1% à 2%** de la masse du sable) et d'un catalyseur (**5 à 60%** de la masse de résine). La polymérisation des résines, déclenchée par le catalyseur ou bien le durcisseur permet de D'assurer la cohésion entre les grains de sables. L'ajout des résines et du catalyseur se fait juste avant le moulage, généralement à l'aide d'un malaxeur à vis rapide, muni de pompes doseuse qui délivre la quantité de sable préparé nécessaire à la réalisation d'un moule.

Pour obtenir une composition parfaite du sable à vert on utilise un mélangeur à sable pour fonderie qui va homogénéiser le sable avec l'eau, le liant argileux et les additifs.

Dans la fonderie, on compacte un mélange de sable et un liant au silicate de sodium autour du modèle comme précédemment, ensuite on utilise du CO₂ pour figer le gel du silicate de sodium. Le moule est en principe réutilisable mais il se détériore rapidement dans la fonderie en sable évaporable. [2]

II.2 Procédés de moulage :

II.2.1 Sables à vert (sable argileux à vert, sable à l'argile).

Le sable de base est constitué principalement de grains de silice pure (**quartz**), mélangés avec de la bentonite calcique (**5% à 10%**), avec du noir minéral et de l'eau. Le sable à vert est très utilisé pour la confection des moules, appelé moulage à vert.

Ce procédé est employé pour la fabrication des pièces en fonte. [4]

$$\text{Sable à vert} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Un matériau réfractaire: la silice pure.} \\ \text{Un matériau plastique: l'argile.} \\ \text{Un matériau protecteur: le noir minéral.} \end{array} \right.$$

Cette préparation se réalise dans la sablerie qui sert à recycler le sable à vert.

(Taux de recyclage 99%).

Le tableau II.1 présente les pourcentages de chaque constituant du sable à vert.

Tableau.II.1: composition du sable à vert. [3]

	pourcentage
Vieux sable	94 à 96%
Sable neuf	4.5 à 5%
Bentonite	5 à 10%
Noir minéral	0.3 à 0.5%
Eau	2.5 à 5%



Figure II.1 sable à vert (S1) usés provenant de l'ALFET

II.2.1.1. Identification des matériaux additifs utilisés.

➤ La bentonite (une argile) :

La bentonite est une argile colloïdale dont le nom vient de **fort benton** dans le **Wyoming** aux **états unis**. Connue aussi sous le terme de terre à foulon, c'est une smectite étant essentiellement constituer de **montmorillonite** $(\text{Na}, \text{ca})_{0.33} (\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_n$ (80%), c'est une argile ce qui explique sa capacité de **rétenion d'eau**.

On trouve également d'autres minéraux comme le **quartz**, le **mica**, le **feldspath**, la **pyrite** ou la **calcite**. Les gisements de bentonite sont d'origines **volcaniques** et hydrothermales.

On se qui concerne les gisements de bentonite en Algérie, elle est produite à partir de plusieurs bassins volcaniques du tertiaire à l'Ouest de pays dans la région de **Maghnia** et de **Mostaganem**. [5]

Ces gisement se trouvent à proximité de ports et sont tous accessibles par route ou par train.

D'après des sondages recueillis, le pays dispose d'un potentiel appréciable pour développer l'industrie de la bentonite.

L'argile utilisée dans l'ALFET pour le moulage avec du sable à vert (S1) ou même le sable (S3) est une bentonite en montmorillonite et qui provient du Nord-ouest de l'Algérie et plus exactement du gisement de **Hamam Boughrara (Maghnia)**. C'est une bentonite sodique, de couleur blanche.

Le tableau II.2 présente quelques caractéristiques de cette bentonite : [5]

Tableau II.2 : caractéristiques physico-chimiques de la bentonite de Maghnia utilisé dans l'ALFET.

bentonite	Surface spécifique (m ² /g)	pH	Cation échangeable (méq/100g)			
			Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺
Maghnia	80	6.2	30.6	12.8	36.2	9.5



Figure II.2 : Bentonite de fonderie.

➤ **Le noir minéral.**

- **Description** : Le noir est un additif carboné, ce produit est un charbon pulvérisé dont la taille des particules est de 80 µm. son rôle dans le sable de moulage est d'éviter l'abreuvage, la pénétration de l'alliage entre les grains de sable.
- **Utilisation** : additif carboné pour moulage à vert.
- **Avantage** : carbone brillant élevé en comparaison des noirs minéraux traditionnels d'où une économie très sensible de régénération et besoin en eau très faibles.

Qualités exceptionnelles du semi-coke, ce qui signifie une très bonne protection des grains de sable et meilleur état de surface. [6]

Faible teneur en oxygène permettant un dégagement limite d'oxyde de carbone lors de la coulée.

- **Analyse types : [6]**

Matières volatiles (sur sec) :	36% .
Carbonne brillant (sur sec) :	11% .
Semi-coke résiduel (sur sec) :	64% .
Teneur en eau :	3% .
Cendres (sur sec) :	7% .
Soufres (sur sec) :	0.85% .
Granulométrie refus tamis 0.210 mm :	10% .



Figure II.3: Noir minéral de fonderie.

Remarque:

- Le sable naturel utilisé dans le moulage est un **sable siliceux**, la silice (SiO_2) est largement répandue sur terre. Extrait de carrières, le sable brut est traité par lavage, classé en fonction de sa granulométrie, puis séché.

La pureté des sables ainsi traité avoisine les 99,5%. Le choix du sable dépend de sa granulométrie c'est-à-dire de la taille des grains qui le constitue. Elle est définie par le calcul de l'indice de finesse du sable. (**Indice AFS**).

L'indice de finesse à une échelle définie tel que le plus petit indice représente une granulométrie grossière, exemple le **35 AFS**, le plus fort indice représente une granulométrie fine, par exemple **120 AFS**. Un indice élevé favorise l'état de surface de la pièce brute au détriment de la perméabilité du moule et vice versa. De plus un indice élevé amène à une vérification plus précoce du sable. Dans les fonderies d'alliages ferreux cet indice est de l'ordre de **55 à 65 AFS** (cas des fontes), plus élevé dans le cas des alliages légers.

- L'eau, son rôle est d'activer l'argile (**la bentonite**) afin de lui conférer sa **plasticité**.
- Le sable naturel utilisé dans l'ALFET provient de la wilaya de **CHLEF** ou de l'entreprise **ADWAN CHEMICALS COMPANY**.

II.2.2 Sables au silicate de sodes.

Les sables au silicate de soude (3% à 4% de silicate de soude) dénommés de remplissage sont utilisés pour la confection de grandes séries de moules et de noyaux. Ces mélanges sont durcis, par injections de gaz carboniques. Ce type de sable est utilisé pour le moulage de pièces en acier.

La comparaison de ce type de sable est indiquée sur le tableau ci –dessous. [3]

Tableau II.3: Composition du sable au silicate de soude. [3]

	pourcentage
Sables neuf	94 à 96%
Silicate de soude	3 à 4 %

II.2.2.1 Identifications du silicate de soude.

Le Silicate de sodium (ou sel di sodique de l'aide silicique **Trioxosilicate de di sodium**) est une substance chimique de formule Na_2SiO_3 , très soluble dans l'eau. C'est une base forte formant des solutions très alcalines, corrosive pour la peau et les muqueuses (pH 13 en solution à 1%)

Le silicate de sodium se forme naturellement par réaction de la silice (**dioxyde de silice**) avec le carbonate de sodium à l'état fondu, on obtient du silicate de sodium et du dioxyde de carbone. [7]



On le trouve sous deux formes principales.

- Forme anhydre (il se présente alors comme un solide cristallin translucide à blanc de formule $(\text{Na}_2\text{SiO}_3)$).
- Forme hydratée ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), il est parfois qualifié de verre liquide.

On se qui concerne le domaine de la fonderie on utilise la forme hydratée un peu trop visqueuse, fournie par **ADWAN chemicals company située dans la zone industrielle numéro 02 Fernaka .Mostaganem... (Voir l'annexe 01).**

La composition chimique du silicate de soude fournie par ADWAN Chemicals prenter dans le tableau II.4.

Tableau II.4: Composition chimique du silicate de soude utilisé par l'ALFET.

Na ₂ O %	15.51
SiO ₂ %	32.70
SiO ₂ /Na ₂ O Ratio	2.11
% Concentration	48.21
Fe	< 40 ppm

Important : Le temps d'écoulement à 20 °C est de 27s, ce qui explique son caractère visqueux.

II.2.2.2 Usages divers.

Comme précédemment mentionnée le silicate de soude est utilisé en plusieurs domaines. [8]

- ✓ Dans le ciment.
- ✓ Dans certain matériaux réfractaires.
- ✓ Dans le textile.
- ✓ Dans certain produits d'entretien (ménagers ou industriels, tels que détergents, désinfectants, produits de nettoyage alimentaire).
- ✓ Dans l'industrie de la transformation du bois.
- ✓ Pour la préparation de produits cosmétiques.
- ✓ Et même dans l'alimentation.

II.2.2.3 Les dangers du silicate de soude liquide alcaline.

II.2.2.3.1 Identification du danger.

En ce qui concerne les risques sur la santé :

- **INHALATION** : Peut causer de sévère irritation des voies respiratoires avec toux, suffocation, douleur et possiblement brûlures des muqueuses membranes. Dans certain cas œdème pulmonaire et / ou pneumonie peut développer ; sois immédiatement ou plus souvent dans 72 heures. Les symptômes peuvent inclure serrement de poitrine, dyspnée ; écume du salive, cyanosais, et étourdissement.
- **Contacte cutanée** : tout contact direct peut causer une irritation.
- **Contacte oculaire** : un direct contacte peut causer une sévère irritation, douleur et brûlures, possiblement sévères et permanent dommage y compris aveuglement, la pleine mesuré de la blessure peut être ne sera pas apparent immédiatement.
- **Ingestion** : peut causer douleur immédiate et sévères brûlures de l'œsophage et le système gastro-intestinal avec vomissement, nausée, et diarrhée. Peut causer gonflement et destruction de tissu aux muqueuses membranes de la bouche, gorge, œsophage, et estomac. [7]

II.2.2.3.2 Premiers soins.

- **INHALATION** : en cas de problème transporter la victime dans zone non contaminée .donner une respiration artificielles si ne bouché pas.si la respiration est difficile, l'oxygène devrait être géré par le personnel qualifier, en cas d'arrêt respiratoire

pulsatoire. veuillez à ce qu'une personne formée dispense les premiers soins (réanimation cardio-respiratoire/défibrillateur externe automatique).

- **Contact cutanéé** : rincer immédiatement à grande eau les zones souillées. enlever immédiatement tous les vêtements, bijoux et chaussures contaminés. Laver les zones contaminées avec du savon et de l'eau. complètement nettoyer et sécher habillement et les chaussures souiller avant réutilisation.
- **Contact oculaire** : appliquer immédiatement un gel d'eau direct sur les yeux pendant au moins 15 minutes. On écartant les paupières afin de garantir une bonne irrigation de l'œil et du tissu de la paupière. il est indispensable de laver les yeux dans les secondes qui suivent pour une efficacité maximale.
- **Ingestion** : ne jamais administrer un produit par voie buccale à une personne inconsciente ou en crise convulsive. En cas d'ingestion veuillez de ne pas provoquer un vomissement. Donner de grande quantité d'eau si le vomissement se produit spontanément, veuillez à ce que les voies aériennes soient libres. Donner de l'eau une fois que les vomissements ont cessé.

II.2.2.4 Manutention et entreposage :

- **Stockage** : entreposez et manipulez selon toutes les réglementations et standards actuels. Gardez le contenu fermé et étiqueté correctement. Ne pas stocker dans un récipient en aluminium ou utiliser des adaptateurs ou des conduits de transfert en aluminium au risque de générer de l'hydrogène, un gaz inflammable. Gardez séparément des substances incompatibles.
- **Manutention** : éviter tout contact avec la peau, les yeux et le vêtement. éviter de respirer les vapeurs de l'aérosol. lavez complètement après manipulation. Manipuler avec précaution le produit chaud. [7]

II.2.2.5 Equipement protecteur personnel.

- **Protection oculaire** : porter des lunettes de sécurité munies d'écrans latéraux si le contact avec les yeux est possible.
- **Protection pour la peau et le corps** : porter un vêtement de protection pour minimiser le contact avec la peau.
- **Protection pour les mains** : portez des gants résistants aux produits chimiques appropriés. Utiliser des gants qui sont résistants aux coupures si vous manipulez du matériel de verre sec.
- **Protection respiratoire** : un respirateur approuvé avec particules à haute efficacité (des masques). [7]

II.2.2.6 Stabilité et réactivité.

- **Réactivité** : stable à des températures et pressions normales. Prolongement de contact avec incompatibles métaux peut produire du gaz hydrogène inflammable.

- **Conditions à éviter** : prolongement d'entreposage au-dessous 140 F (60 °C), contact avec les acides va causer un gel et changement de chaleur.
- **Incompatibilités** : acides, contacte prolongé avec l'aluminium, le laiton, le bronze, le cuivre, le plomb, l'étain ; le zinc ou d'autres métaux ou alliages sensibles à l'alcali.

II.2.2.7 Toxicité et cancérogénicité :

- **Toxicité** : les solutions de silicate de sodium sont alcalines. Toute exposition a des solutions alcalines peut entraîner des conséquences allant de l'irritation a des brulures graves selon la concentration des solutions et la durée d'expositions à celle -ci .le silicate de sodium est un type de silice sublimée et ne cause pas la silicose pulmonaire.
- **Cancérogénicité** : Ce produit n'est pas classé comme un cancérigène par le **NTP** (programme national canadien de toxicologie) ; le **CIRC** (centre international de recherche sur le cancer) ou **L'OSHA** (administration de hygiène et de la sécurité des Etats-Unis).

II.2.2.8 Renseignements écologiques.

- **Ecotoxicité** :
 - **Toxicité aigüe** : Ce matériau a démontré une toxicité modérée sur des organismes aquatiques.
- **Sort et transport** :
 - **Biodégradation** : Ce matériau est inorganique et n'est pas sujet à la biodégradation.
 - **Persistence** : La croyance est que ce matériau peut persister dans l'environnement.
 - **Bioconcentration** : Ce matériau ne devrait pas faire l'objet d'une bioconcentration dans des organismes.
- **Information écologiques supplémentaire** : ce matériau a démonté une légère toxicité sur des organismes terrestres. [7]

II.2.3 Sables à la résine furanique.

D'une manière générale, les résines sont utilisées à faible dosage, de l'ordre de 2% comme liant organique.

La résine furanique employée par **ALFET** est un mélange d'alcool **furfurylique** et d'**alcool formaldéhyde**.

Cette résine **thermodurcissable** durcie en présence d'un **catalyseur** acide composé de l'**acide xylènesulfonique**, de l'acide **benzéno-sulfonique** et de l'**acide sulfurique**.

Le sable à la résine furanique sert à la fabrication de pièces massives en fonte.la comparaison du sable à la résine furanique est indiquée sur le tableau II.5. [3]

TAB II.5: Composition du sable à la résine furanique. [3]

	<i>pourcentage</i>
<i>Vieux sable</i>	94 à 96%
<i>Sable neuf</i>	4.5 à 5%
<i>Résine +catalyseur (durcisseur)</i>	5 à 10%

II.2.3.1 Identification des additifs (résine furanique + catalyseur).

II.2.3.1.1 Identification des dangers (RESIMAX 3519 utilisé à l'ALFET fournie par FOSECO industries)... (Voir l'annexe 02).

- **Identification des dangers pour la santé :**

Effet cancérigène suspecté, toxique par inhalation. Nocif par contact avec la peau et par ingestion ; nocif par risques d'effet grave pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation. Irritant les yeux et les voies respiratoires.

- **Très toxiques pour les organismes aquatiques.**

II.2.3.1.2 Identification des dangers (CATASET PA20 utilisé à l'ALFET fournie par FOSECO industries)... (Voir l'annexe 02).

- **Identification des dangers pour la santé :**

Nocif en cas d'ingestion provoque de graves brûlures. Irritant pour les respiratoires.

- **Ingrédients dangereux :**

- Acide benzenesulfonique.
- Acide sulfurique.

Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons identifié les matériaux utilisés ainsi les dangers qui résident dans les additifs utilisés, pour une meilleure utilisation et une sereine manipulation durant l'expérimentation prochainement envisagée.

Cette partie du mémoire nous révèlent que les sables étudiés causent une tolérance acceptable de leur toxicité de telle façon qu'on peut les entreposer et les utiliser avec une précaution et une prudence en utilisant des protections telle que des gangs en latex et des masques et des sacs en carton pour l'entreposage des matériaux.